

Pemahaman Mahasiswa Tentang Multirepresentasi Konsep Percepatan

Siprianus L. Angin¹, Sutopo², Parno³

¹Prodi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Negeri Malang

^{2,3}Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang No.5, Malang, Jawa Timur

Kesulitan pemahaman konsep terkait percepatan dalam kinematika hingga kini masih dialami mahasiswa. Artikel ini membahas kesulitan umum yang dialami mahasiswa dalam memecahkan masalah konseptual terkait konsep percepatan dalam kinematika. Subyek penelitian terdiri atas 35 mahasiswa tahun pertama program studi pendidikan fisika yang mengikuti perkuliahan Fisika Dasar I tahun akademik 2016/2017. Analisis dilakukan berdasarkan jawaban mahasiswa terhadap soal pilihan ganda beserta alasannya. Penelitian menyimpulkan bahwa konsep percepatan berbagai representasi masih terindikasi miskonsepsi. Disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan untuk mengeksplorasi lebih dalam dan lebih autentik penyebab miskonsepsi tersebut, misalnya memberikan lebih banyak soal-soal latihan dan wawancara mendalam.

The difficulties of understanding concept related to acceleration in kinematics until now still experienced by students. This article discusses the general difficulties experienced by students in solving conceptual problems related to the concept of acceleration in kinematics. The subjects of the study consisted of 35 first year students of the physics education program that followed the Basic Physics I academic year 2016/2017. The analysis is based on student answers to multiple choice questions and reasons. The study concluded that the concept of acceleration of various representations is still indicated misconception. It is advisable to do further research to explore deeper and more authentic causes of these misconceptions, for example giving more practice questions and in-depth interviews.

Kata kunci: pemahaman konsep, percepatan

I. Pendahuluan

Salah satu tujuan pembelajaran fisika adalah memfasilitasi mahasiswa untuk memahami secara mendalam konsep dan prinsip esensial fisika sehingga mampu mengaplikasikan untuk memecahkan masalah. Namun, beberapa tahun terakhir telah dilakukan upaya untuk mencapai tujuan tersebut. Banyak kendala dialami peneliti dan pengembang terkait kemampuan dan konsep awal mahasiswa yang telah ditanamkan sejak awal terpotong-potong (*resource*) [1]. Selain itu, mahasiswa menjelaskan konsep fisika berdasarkan intuisi mereka, sehingga ketika membangun pengetahuan ilmiah dan menyimpan pengetahuan baru yang benar menjadi terganggu. Dibutuhkan waktu yang cukup banyak untuk memfasilitasi mahasiswa menyimpan secara kuat pengetahuan baru sehingga dapat mengaktifkannya dengan segera ketika dibutuhkan [2]. Oleh karena itu, mahasiswa perlu mengolah secara terus menerus pengetahuan baru

tersebut untuk memecahkan masalah yang ditampilkan berbagai konteks format representasi.

Kontras dengan hasil penelitian topik kinematika pada umumnya, konsep percepatan sangat penting. Konsep percepatan dalam kinematika merupakan syarat untuk mempelajari konsep cabang fisika lainnya seperti mekanika Newton [3][4]. Lebih lanjut, mahasiswa yang mengalami kesulitan maka hampir dipastikan akan mengalami kesulitan untuk topik pembelajaran selanjutnya.

Meskipun penelitian terkait kinematika telah banyak dilakukan, beberapa penelitian di bidang ini telah mengatasi kesulitan dan menghasilkan pengetahuan baru, misalnya mahasiswa sukses mendefinisikan percepatan dalam representasi verbal dan mengaplikasikan representasi matematis $\Delta \vec{v} / \Delta t$ saat mengerjakan soal pada topik kinematika 1D melalui demonstrasi [5]. Melalui desain dan penilaian pembelajaran serta bimbingan fasilitator dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang kecepatan dan percepatan (1D dan

2D) yang melibatkan representasi vektor [6]. Mahasiswa memahami konsep kinematika 1D, jika tampilan dalam bentuk media statik (gambar diam) dan dinamik (bergerak) [7]. Ketika membelajarkan konsep kecepatan dan percepatan harus menampilkan berbagai konteks representasi [8]. Apabila bekerja dengan diagram gerak dapat mengubah pengetahuan mahasiswa yang awalnya sulit menjadi sukses memahami konsep percepatan [9]. Selain itu, akan lebih baik ketika menerapkan definisi operasional kecepatan dan $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \vec{r} / \Delta t$ percepatan $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \vec{v} / \Delta t = \vec{v} / t$ dalam menganalisis gerak [5][10][11][12]. Oleh sebab itu akan menguntungkan jika percepatan pada gerak dua dimensi diuraikan ke dua arah yang saling tegak lurus, masing-masing sejajar dan tegak lurus kecepatan; yaitu $\vec{a} = \vec{a}_{\parallel \vec{v}} + \vec{a}_{\perp \vec{v}}$ [4][13]. [14] Mengembangkan butir soal untuk mengevaluasi pemahaman konsep mahasiswa tentang topik kinematika.

Meskipun demikian, sebagian mahasiswa masih kesulitan memahami konsep percepatan. misalnya Menemukan bahwa beberapa mahasiswa tidak dapat menerapkan definisi operasional percepatan $\vec{a} \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \vec{v} / \Delta t = \vec{v} / t$ untuk menganalisis diagram gerak [15]. Kemudian, [8] Terdapat beberapa mahasiswa cenderung menggunakan $a = v/t$ daripada $\vec{a} \equiv \Delta \vec{v} / \Delta t$ ketika menyelesaikan kasus gerak dipercepat dalam konteks representasi grafik. [16] Terdapat kesulitan yang paling tinggi ketika menentukan perubahan kecepatan dari representasi grafik percepatan. Lebih parah, miskonsepsi terbesar adalah mahasiswa keliru menentukan arah percepatan ketika ditampilkan dalam format representasi grafik dan *picture* [17].

Berdasarkan ulasan sebelumnya, pemahaman mahasiswa tentang percepatan merupakan isu yang paling banyak disoroti para peneliti. Hal ini telah mengindikasikan bahwa konsep tersebut sangat krusial untuk dipahami dengan baik oleh mahasiswa. Namun, penelitian sebelumnya yang telah disebutkan bahwa mahasiswa sering keliru memahami dan mengaplikasikan percepatan dalam berbagai konteks format representasi. Dalam konteks Indonesia, hal tersebut sesuai dengan beberapa studi literatur dan pengalaman peneliti. Ketika diminta untuk mendeskripsikan arah percepatan dalam representasi diagram gerak, mahasiswa kurang memahami dan menunjukan ekspresi keraguan. Salah satu tujuan artikel ini adalah untuk mendeskripsikan pemahaman konsep mahasiswa tentang percepatan dalam hubungan berbagai format representasi ditinjau dari teori *resource*.

II. Kajian Pustaka

Pandangan Teori *Resource*

Teori *resource* memandang mahasiswa yang gagal menyelesaikan masalah bukan berarti bahwa pengetahuan yang dimiliki keliru. Akan tetapi, mereka memiliki pengetahuan yang benar namun tidak teraktivasi pada konteks yang tepat [1]. Hal ini disebabkan pengetahuan tersebut masih berupa potongan-potongan dan cenderung diaktivasi pada konteks tertentu [18,2].

Tidak seperti teori miskonsepsi yang hanya memandang pola pemahaman yang tidak sesuai dengan konsep ilmiah saja [19], teori *resource* lebih mempertimbangkan semua *resource* yang teraktivasi untuk mengembangkan atau membangun konsep yang sesuai dengan konsep ilmiah [1,20]. Dengan demikian, pandangan teori *resource* lebih memberikan penjelasan mendalam terkait pengetahuan-pengetahuan yang dimiliki dan diaktivasi mahasiswa saat menyelesaikan masalah.

Pemahaman Konsep dalam Multirepresentasi

Multi representasi terdiri dari berbagai macam format representasi yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran dan penyelesaian masalah. [21,22] Berbagai format representasi tersebut antara lain, (1) representasi verbal, memberikan penjelasan suatu konsep secara kualitatif (kalimat penjelasan), (2) diagram (gambar), membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep yang bersifat abstrak menjadi lebih mudah dipahami, (3) representasi grafik, memberikan penjelasan yang panjang suatu konsep dapat direpresentasikan dengan grafik, dan (4) representasi matematik, diperlukan ketika mahasiswa menyelesaikan persoalan kuantitatif dengan menggunakan persamaan yang sesuai dengan informasi yang diperoleh. Catatan bahwa representasi matematik merupakan hanya satu dari beberapa dan kebanyakan dalam fisika lebih mengarah pada berpikir dan penalaran daripada menyelesaikan persamaan [22]. Multi representasi (seperti verbal, gambar, diagram dan grafik) telah digunakan oleh peneliti dalam pendidikan fisika untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa untuk memahami konsep dan memecahkan masalah fisika.

III. Metode Penelitian

Subyek penelitian ini adalah mahasiswa S-I tahun pertama Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Nusa Cendana yang sedang menempuh matakuliah Fisika Dasar I tahun akademik 2016/2017. Salah satu topik yang dibahas pada perkuliahan ini adalah kinematika (gerak lurus, gerak parabola, dan gerak melingkar). Pembahasan matakuliah Fisika Dasar I ditekankan pada aspek berbagai format multirepresentasi.

Jumlah subyek penelitian sebanyak 35 mahasiswa program studi pendidikan fisika. Mereka difasilitasi oleh peneliti sendiri. Peneliti memfasilitasi dengan menerapkan strategi pembelajaran multirepresentasi. Media pembelajaran yang digunakan adalah *Slide Power Point* serta Lembar Kerja Multi representasi topik terkait. Efektifitas strategi pembelajaran multi representasi diukur dengan skor *N-gain* dari pretes ke postes. Pretes diberikan sebelum membahas topik kinematika. Empat pertemuan membahas topik kinematika dan setelah itu pertemuan terakhir mengerjakan postes.

Pretes dan postes menggunakan instrument tes yang sama. Instrumen terdiri atas 20 soal pilihan ganda. Sebagai butir soal merupakan tes standar yang telah dikembangkan oleh peneliti sebelumnya dari *Force Concept Inventory* [23] dan *Mechanical Baseline Test* [4]. Instrumen telah divalidasi oleh dua dosen jurusan fisika UM dan telah diujikan kepada 195 mahasiswa Jurusan Fisika UM, terdiri atas 140 mahasiswa S1 tahun pertama (program studi fisika dan pendidikan fisika) dan 55 mahasiswa S2 pendidikan fisika.

Data yang dibahas dalam artikel ini diperoleh melalui pretes dan postes disertai alasan jawaban. Namun demikian, artikel hanya membahas jawaban mahasiswa terhadap pertanyaan-pertanyaan yang sesuai dengan fokus penelitian ini sebagaimana telah disebutkan di depan. Butir-butir soal yang dimaksud dipaparkan pada bagian selanjutnya yang berkaitan dengan percepatan.

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pemahaman konsep mahasiswa diperoleh dari skor pretes dan postes pada tes pemahaman konsep materi kinematika. Hasil perhitungan *d-effect size* diperoleh nilai 3,52 dengan kategori “kuat”. Hal ini berarti terdapat perbedaan besar pemahaman konsep mahasiswa pada pretes dan postes. Selain itu, perhitungan peningkatan skor melalui *N-gain* diperoleh nilai $\langle g \rangle$ sebesar 0,54 dengan kategori “sedang”. Rata-rata skor pretes mengalami peningkatan pada postes dengan *N-gain* yang bernilai “sedang” [24]. Berdasarkan hasil perhitungan *d-effect size* diperoleh kategori “kuat”, tetapi nilai *N-gain* diperoleh kategori “sedang”, sehingga perlu diperhatikan lebih lanjut masalah mana yang sebagian besar mahasiswa masih belum sukses pada postes.

Respon mahasiswa terhadap butir soal deskripsi verbal gerak jatuh vertikal kemudian memantul kembali, kelajuan saat menumbuk dan memantul, dan lamanya benda bersentuhan dengan lantai disajikan pada Gambar 1. Tugas mahasiswa adalah menentukan percepatan rata-rata benda selama bersentuhan dengan lantai.

Sebuah bola karet dilepas dari ketinggian tertentu dan memantul lagi sampai posisi semula setelah menumbuk lantai. Kelajuan bola saat tepat menyentuh lantai sama dengan saat tepat meninggalkan lantai, yaitu sebesar 20 m/s. Lamanya bola mulai menyentuh lantai sampai lepas kembali dari lantai tercatat 0,1 s.

7. Percepatan rata-rata bola selama mengenai lantai tersebut adalah

- (A) Nol
- (B) 10 m/s² ke bawah
- (C) 40 m/s² ke bawah
- (D) 40 m/s² ke atas
- (E) 400 m/s² ke bawah
- (F) 400 m/s² ke atas

Gambar 1. Soal Pretes dan Postes Kinematika Nomor 7

Tabel 1. Distribusi Pilihan Opsi Jawaban Pretes-Postes Kinematika Nomor 7

		Postes			Total
		A	B	F*	
	Jumlah	4	5	7	16
Pretes	A				
	% dari Total	11,4%	14,3%	20,0%	45,7%
	Jumlah	0	0	1	1
	B				
	% dari Total	0,0%	0,0%	2,9%	2,9%
	Jumlah	0	1	1	2
	C				
	% dari Total	0,0%	2,9%	2,9%	5,7%
	Jumlah	2	0	0	2
	D				
	% dari Total	5,7%	0,0%	0,0%	5,7%
	Jumlah	1	3	5	9
	E				
	% dari Total	2,9%	8,6%	14,3%	25,7%
	Jumlah	1	1	3	5
	F*				
	% dari Total	2,9%	2,9%	8,6%	14,3%
	Jumlah	8	10	17	35
	Total				
	% dari Total	22,9%	28,6%	48,6%	100,0%

*) Jawaban benar

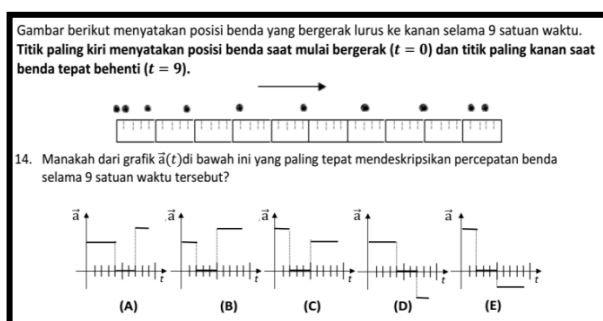
Adapun distribusi pilihan jawaban mahasiswa saat menjawab soal pretes dan postes nomor 7 ditunjukkan oleh Tabel 4.12. Pada saat pretes 16 (45,7%) mahasiswa memilih opsi A, 2 (5,7%) mahasiswa memilih opsi B, 2 (5,7%) mahasiswa memilih opsi C, 2 (5,7%) mahasiswa memilih opsi D, 9 (25,7%) mahasiswa memilih opsi E dan opsi F terdapat 5 (14,3%) mahasiswa yang memilih opsi tersebut. Pada saat postes terdapat 8 (22,9%) mahasiswa memilih opsi A, 10 (28,6%) mahasiswa memilih opsi B, dan 17 (48,6%) mahasiswa memilih opsi F. Data tersebut menunjukkan bahwa jumlah mahasiswa yang memilih opsi benar mengalami peningkatan dari pretes ke postes, yakni dari 5 (14,3%) menjadi 17 (48,6%).

Ketika memilih opsi soal nomor 7, mahasiswa juga diminta untuk memberikan alasan memilih jawaban. Alasan memilih jawaban tersebut, terjadi peningkatan dari pretes ke postes, sehingga telah terindikasi bahwa pemahaman konsep juga meningkat

Dari tabel 1 terlihat bahwa dalam menjawab soal nomor 7, terdapat 6 mahasiswa yang memberikan alasan pada pretes dengan menggunakan persamaan percepatan yang benar, namun tidak memperhatikan tanda $+/-$ pada vektor kecepatan meskipun benda bergerak dengan arah berlawanan sehingga diperoleh jawaban yang salah. Namun pada saat postes, pengetahuan 2 mahasiswa tersebut membaik. Hal ini ditandai dengan perubahan opsi jawaban dan alasan yang benar pada saat postes. Di sisi lain, 4 mahasiswa justru keliru dalam menggunakan tanda $+/-$ pada vektor kecepatan. Mahasiswa tersebut mengubah jawaban menjadi opsi B saat postes. Hal ini karena penguasaan konsep yang keliru tentang percepatan seperti pada saat pretes.

Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa terkait kecepatan meningkat dengan diindikasikan oleh peningkatan jumlah mahasiswa yang memberikan alasan benar pada saat postes. Pada saat pretes, terdapat 5 (14,3%) mahasiswa yang memilih jawaban benar, namun hanya 2 mahasiswa menjawab disertai alasan yang benar dan jumlah tersebut meningkat menjadi 17 (48,6%) mahasiswa pada saat postes. Peningkatan pemahaman konsep mahasiswa tersebut karena pembelajaran multi representasi yang diterapkan cukup membuat mahasiswa mengubah pola pikir monorepresentasi menjadi multi representasi [25]. Selain itu, tugas multi representasi [26,27,28] dan penekanan konsep percepatan kepada mahasiswa dengan cara mengingatkan mahasiswa untuk selalu konsisten terhadap definisi operasional dalam menghadapi persoalan kinematika, termasuk konsep percepatan.

Respon mahasiswa terhadap soal 14 : Diagram gerak beserta deskripsi verbal gerak lurus dengan kecepatan berubah-ubah. Tugas mahasiswa adalah memilih grafik percepatan terhadap waktu yang paling sesuai. Berikut soal 14 yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Soal Pretes dan Postes Kinematika Nomor 14

Kesulitan masih saja terjadi pada soal yang ditampilkan dalam format representasi diagram gerak dan menentukan representasi grafik yang sesuai diagram gerak yang berkaitan dengan konsep percepatan. Jumlah mahasiswa yang memilih opsi benar pada pretes sebesar 2 (5,7%) dan 28 (80,0%) pada postes.

Tabel 4.2 Distribusi Pilihan Opsi Jawaban Pretes-Postes Kinematika Nomor 14

		Postes				Total
		A	B	C	D*	
Pretes	A	Jumlah	0	2	1	10
		% dari Total	0,0%	5,7%	2,9%	28,6%
	B	Jumlah	0	0	0	2
		% dari Total	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%
	C	Jumlah	0	0	0	6
		% dari Total	0,0%	0,0%	0,0%	17,1%
	D*	Jumlah	0	0	1	1
		% dari Total	0,0%	0,0%	2,9%	2,9%
E	Jumlah	2	0	1	9	12
	% dari Total	5,7%	0,0%	2,9%	25,7%	34,3%
Total	Jumlah	2	2	3	28	35
	% dari Total	5,7%	5,7%	8,6%	80,0%	100%

*) Jawaban benar

Pada pretes, mahasiswa memberikan alasan dengan langsung menganalisis diagram gerak dan menentukan skala percepatan terhadap waktu. Akan tetapi pada postes jumlah mahasiswa yang menjawab D, tidak memberikan alasan (tidak teridentifikasi). Hal ini diduga bahwa tanpa menggunakan persamaan matematis pun, jika soal yang menampilkan diagram posisi terhadap waktu, maka dengan mudah menentukan kecepatan dan percepatan. Selain itu, diduga pula mahasiswa tersebut kurang terampil mendeskripsikan representasi verbal seperti diketahui dalam soal. Pada pretes mahasiswa yang menjawab E diduga karena tidak memperhatikan skala satuan waktu sehingga keliru menjawab. Namun, pada postes tidak ada yang memilih opsi E.

Berdasarkan jumlah mahasiswa yang memilih opsi benar bahwa ada peningkatan strategi pembelajaran multi representasi dalam konteks ini mahasiswa sudah mampu bekerja dengan menggunakan representasi grafik. Meskipun demikian, sebagian belum memiliki kemampuan menggunakan representasi grafik untuk menyelesaikan permasalahan. Atau dengan kata lain, mereka berhasil mengaktivasi potongan-potongan pengetahuan sains ke dalam *working memory* namun gagal memilih pengetahuan yang paling relevan dengan persoalan, atau gagal menggunakan pengetahuan pengetahuan tersebut untuk membuat kesimpulan yang tepat [2]. Hal ini sesuai dengan klaim hasil penelitian [29,8,30] bahwa mahasiswa kesulitan ketika bekerja dengan menggunakan representasi grafik. Selain itu, [17] kesulitan terbesar adalah mahasiswa keliru menentukan arah percepatan ketika ditampilkan dalam format representasi grafik dan *picture*. Namun, dalam penerapan pembelajaran multirepresentasi soal yang melatih mahasiswa untuk menggunakan representasi diagram untuk menentukan grafik masih belum optimal.

V. Kesimpulan

Berdasarkan paparan hasil dan pembahasan sebagaimana diuraikan di depan, dapat disimpulkan bahwa konsep esensial kinematika terkait percepatan yang ditampilkan dalam berbagai format multirepresentasi merupakan konsep yang belum sepenuhnya dipahami oleh mahasiswa. Meskipun mereka telah mempelajari konsep sejak SMP, terutama tentang gerak juga telah membahasnya kembali melalui perkuliahan fisika dasar di universitas, sebagian besar mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memecahkan persoalan yang dilandasi konsep-konsep tersebut.

Ada beberapa kemungkinan penyebab kegagalan mahasiswa dalam memecahkan persoalan konseptual seperti yang digunakan pada penelitian ini. Pertama, mereka mengalami kesulitan, dimana memahami suatu konsep secara keliru namun yakin bahwa konsepsinya (yang salah) tersebut benar. Kedua, mereka telah memiliki semua konsep fisika yang berkaitan dengan persoalan yang dipecahkan, namun saat mencoba memecahkan persoalan tersebut gagal mengaktivasi pengetahuan fisika yang paling relevan ke dalam *working memory*-nya. Ketiga, mereka berhasil mengaktivasi potongan-potongan pengetahuan sains ke dalam *working memory* namun gagal memilih pengetahuan yang paling relevan dengan persoalan, atau gagal menggunakan pengetahuan tersebut untuk membuat kesimpulan yang tepat. Keempat, mereka tidak memiliki pengetahuan fisika yang relevan sehingga hanya mengandalkan intuisi naifnya.

Pada penelitian ini, analisis terhadap kesulitan mahasiswa dalam memecahkan masalah dilakukan berdasarkan skor pretes postes beserta alasan mahasiswa terhadap kebenaran jawabannya. Oleh karena itu, perlu eksplorasi lebih mendalam dan lebih pasti penyebab kesulitan tersebut, misalnya memberikan lebih banyak soal-soal latihan dan wawancara mendalam.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan artikel. Terutama kepada kedua dosen pembimbing, Dr. Sutopo, M. Si dan Dr. Parno, M.Si.

Kepustakaan

- [1] D. Hammer, Students resource for learning introductory physics. American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement, vol. 68, no. S1, 2000, pp. S52—S59.
- [2] J. L. Docktor, & J. P. Mestre, Synthesis of discipline-based education research in physics. Physical Review Special Topic Physics Education Research, vol. 10, no. 2, 2014, pp. 1-58.
- [3] A. Pawl, Is it Disadvantageous to Teach Forces First in Mechanics?. American Association of Physics Teachers, vol. 1119, no. 10, 2014, pp. 203-206.
- [4] D. Hestenes and M. Wells, A mechanics baseline test. Physics Teacher, vol. 30, no. 2, 1992, pp. 159-166.
- [5] D. E. Trowbridge & L. E. McDermott, Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. Physical Review Special Topic Physics Education Research, vol. 48, no. 12, 1980, pp. 1020-1028.
- [6] P. S. Shaffer & L. C. McDermott, A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. American Journal Physics, vol. 73, no. 10, 2005, pp. 921-931.
- [7] V. Mesic, D. Dervic, A. Gazibegovic, Busuladzic, D. Salibasic, & N. Erceg, Comparing the Impact of Dynamic and Static Media on Students' Learning of One-Dimensional Kinematics. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, vol. 11, no. 5, 2015, pp. 1119-1140.
- [8] L. Ivanjek, A. Susac, M. Planinic & A. Andrasevic, Student reasoning about graphs in different contexts. Physical Review Special Topic Physics Education Research, vol. 12, no. 1, 2016, pp. 1-13.
- [9] Sutopo, Pembelajaran kinematika berbasis diagram gerak: Cara baru dalam pengajaran kinematika. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 2 Juni 2012.
- [10] F. Reif & S. Allen, S. Cognition for interpreting scientific concepts: A study of acceleration. Cognition and Instruction, vol. 9, no. 1, 1992, pp. 1-44.
- [11] Sutopo, Liliarsi, Waldrib, & D. Rusdiana, Impact of Representational Approach on the Improvement of Students' Understanding of Acceleration. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, vol. 8, 2012, pp. 161-173.
- [12] Sutopo, Improving Students' Representational Skill and Generic Science Skill Using Representational Approach, Jurnal Ilmu Pendidikan, vol. 19, no. 1, 2012, pp. 1-21.
- [13] R. A. Serway, and J. W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. 9th Edition, California: Thomson Brooks/Cole, 2014.
- [14] A. Lichtenberger, C. Wagner, S. I. Hofer, E. Stern & A. Vaterlaus, Validation and structural analysis of the kinematics concept test. Physical Review Special Topics-Physics Education Research, vol. 13, no. 1, 2017, pp. 1-13.
- [15] Sutopo & B. Waldrup, Impact of representational approach on students' reason and conceptual understanding in learning mechanics. International Journal of Science and Mathematics Education, vol. 12, No. 4, 2013, pp. 741-765.
- [16] R. J. Beichner, Testing student interpretation of kinematics graphs, American Journal Physics, vol. 62, no. 8, 1994, pp. 750-762.
- [17] L. Bollen, M. D. Cock, & K. Zuza, Generalizing a Categorization of Students' Interpretations of Linear Kinematics Graphs. Physical Review Physics Education Research, vol. 12, no. 1, 2016, pp. 1-10.
- [18] A. A. diSessa & B. L. Sherin, What change in conceptual change?, International Journal of Science Education, vol. 20, no. 10, 1998, pp. 1155-1191.
- [19] H. C. Sabo, L. M. Goodhew, & A. D. Robertson, University Student Conceptual Resources for Understanding Energy. Physical Review Physics Education Research, vol. 12, No. 1, 2016, pp. 1-28.
- [20] K. Jelicic, M. Plainic, & G. Planinsic, Analysing High School Students' Reasoning about Electromagnetic Induction. Physical Review Physics Education Research, vol. 13, no. 1, 2017, pp. 1-18.
- [21] P. B. Kohl, & N. D. Finkelstein, Effect of Instructional Environment On Physics Students' Representational Skills. Physical Review Special Topics Physics Education Research, vol. 2, no. 1, 2006, pp. 1-8.

- [22] R. D. Knight, *Physics for scientists and engineers a strategic approach with modern physics*, 3th edition, United States: Addison Wesley Longman, 2013.
- [23] D. Hestenes, M. Wells, & G. Swackhammer, Force concept inventory, *Physics Teach*, vol. 30, no. 1, 1992, pp. 141-158.
- [24] R. R. Hake, Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, vol. 66. No. 1, 1998, pp. 64-74.
- [25] Sutopo, Liliarsari, Walidrib, & D. Rusdiana, Impact of Representasional Approach on the Improvement of Student's Understanding of Acceleration. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, vol. 8, 2012, pp. 161-173.
- [26] P. B.Kohl, D. Rosengrant, & N. D. Finkelstein, Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, vol. 3, no. 1, 2007, pp. 1-10.
- [27] David E. Meltzer, Relation between students' problem solving performance and representation format, *American Journal Physics*, vol. 73, no. 5, 2005, pp. 463-478.
- [28] D. Wong, S. P. Poo, N. E. Hock, & W. L. Kang, Learning with multiple representations: an example of a revision lesson in mechanics, vol. 46, no. 2, 2011, pp. 178-186.
- [29] M. Planinic, Z. Milin-Sipus, H. Katic, A. Susac, and L. Ivanjek, Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics, *International Journal. Science & Mathematics Education*. Vol.10, 2012, pp.1393-1414.
- [30] T. Wemyss & P. van Kampen, Categorization of first-year university students' interpretations of numerical linear distance-time graphs. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, vol. 9, no. 1, 2013, pp. 1-17.